

Réunion technique « protocoles et indicateurs herbiers Antilles »

Organisée dans le cadre de l'action nationale « herbiers Ifremer-DCE »

9 septembre 2022 (en visioconférence)

Compte-rendu

Participants invités :

Eric Abadie (Ifremer Martinique)
Alexandre Arque (ODE Martinique)
Christelle Batailler (Créocéan Guadeloupe)
Milton Boucard (Grand Port Maritime de Guadeloupe)
Claude Bouchon (Ecorécif Environnement)
Yolande Bouchon – Navarro (Ecorécif Environnement)
Charlotte Bourdon (Ifremer Martinique)
Julien Chalifour (Réserve nationale de Saint-Martin)
Florian de Bettignies (Impact Mer)
Catherine Desrosiers (Impact Mer)
Sébastien Gréaux (Agence Territoriale de l'Environnement de Saint-Barthélemy)

Claire Hellio (UBO)
Aurélien Japaud (DEAL Guadeloupe)
Fanny Kerninon (UBO)
Olivier Monnier (OFB)
Isabelle Nasso (ODE Guadeloupe)
Antoine Pebayle (MTETC)
Olivier Perronnet (Parc naturel marin de Martinique)
Margaux Pestel (Parc naturel marin de Martinique)
Léa Sébesi (Réserve nationale de Petite-Terre)
Mathilde Teyssier (Impact Mer)
Jennifer Tocny (Grand port Maritime de Guadeloupe)

Animation de la réunion et rédaction du compte-rendu :

Fanny Kerninon (UBO)

Citation :

Groupe de travail régional (GTR) Herbiers Antilles (Kerninon, F. coord), 2022. Compte – rendu de la réunion technique « protocoles et indicateurs herbiers Antilles », 9 septembre 2022 (en visioconférence), 14 p.

Contexte et objectifs de la réunion

Afin de répondre aux enjeux de gestion des diverses politiques publiques impliquant des actions de suivi et d'évaluation des herbiers dans les territoires ultramarins (Ifrecor, DCE, AMP), le Ministère de l'Écologie (MTETC) et l'Office français de la biodiversité (OFB) ont mis en commun leurs moyens depuis 2017 à travers l'action nationale mutualisée « herbiers Ifrecor-DCE » menée par l'Université de Bretagne Occidentale (UBO) (conventions UBO-OFB et UBO-MTEC).

Dans ce cadre, un groupe de travail national thématique a été mobilisé en 2017 (atelier national herbiers, séminaire science-gestion en Martinique ; GTN herbiers Ifrecor-DCE, 2017) et une phase de recherche et développement initiée. Les objectifs de ces travaux, menés dans le cadre d'une thèse (Kerninon, 2020), étaient de sélectionner les paramètres les plus adéquats selon les objectifs de gestion, de proposer des solutions d'optimisation des protocoles de suivis existants ainsi que des premières versions d'indicateurs multimétriques intégrés sur deux secteurs pilotes : les Antilles et Mayotte.

Des réunions techniques régionales sont depuis organisées. Cette deuxième réunion, faisant suite à celle du 18 mai 2021 (GTR Herbiers Ifrecor-DCE, 2021), avait pour objectif de faire le point avec les différentes parties prenantes des Antilles françaises sur :

- les tendances évolutives à 15 ans (2007-2021) des herbiers de Guadeloupe, Saint-Martin et Saint-Barthélemy issues des données des suivis AMP et sur les protocoles associés ;
- les données issues de la phase de R&D menée dans le cadre de l'action nationale « herbiers Ifrecor-DCE », intégrant les données récentes de la campagne terrain indicateurs 2021 en Martinique ;
- les différents modèles d'indicateurs multimétriques construits dans ce contexte, candidats pour la surveillance DCE Antilles.

Evolutions temporelles 2007-2021 des herbiers de Guadeloupe, Saint-Martin et Saint-Barthélemy et protocoles de suivis AMP

Présentation

Les principaux résultats compilés des tendances évolutives issues des données sur la structure des herbiers (densités de plants) et la morphologie (longueurs des feuilles) suivis par les gestionnaires d'AMP des territoires de Guadeloupe, Saint-Martin et de Saint-Barthélemy sont présentés (Ifrecor, 2021 ; Kerninon et al., 2022).

Il en ressort que la mesure de la densité des plants constitue un paramètre important permettant de documenter les évolutions à long terme de ces herbiers, localement dynamiques (secteur du Parc national de la Guadeloupe), en potentiel déclin (Saint-Martin et Petite-Terre) et parfois en situation proche de l'effondrement (Saint-Barthélemy). Les données de longueur des feuilles apparaissent généralement moins informatives, excepté sur la station de Terre-de-Haut, pour laquelle ces relevés semblent refléter l'ensablement de l'herbier au cours de ces dernières années. Ce paramètre pourrait faire l'objet d'un choix de fréquence de mesure en cas de nécessité de rajout de nouveaux paramètres plus pertinents aux enjeux de gestion actuels.

Discussion

Perspectives de suivis au sein du parc naturel marin de la Martinique

Le suivi des écosystèmes côtiers pour l'évaluation de leur état de santé en Martinique représente une priorité de gestion importante du Parc naturel marin à l'échelle du territoire, en particulier au sein des zones réglementées. Si la mise en place de suivis des herbiers n'est à ce stade pas programmée, le parc évoque son intérêt de bénéficier des retours d'expériences et des recommandations méthodologiques émanant des échanges en cours.

Stratégie de suivi d'herbiers en déclin

Le maintien du suivi des stations herbiers de Terre-de-Haut (Petite-Terre, Guadeloupe) et de Marigot (Saint-Barthélemy) soulève des questionnements stratégiques de gestion pour les deux réserves. En Guadeloupe, une nouvelle station a été installée (Terre-de-bas) et le suivi de la station historique est conservé une année sur deux afin de maintenir au mieux la série de données temporelles associées. A Saint-Barthélemy, les conditions environnementales (qualité de l'eau) ne rendent plus possible la mise en œuvre du suivi, c'est pourquoi une nouvelle station a été positionnée dans la baie du Petit-cul-de-Sac. L'intérêt de maintenir le suivi de la station de Marigot (ou à minima le relevé d'information sur l'état de la station par des relevés photos) à une fréquence moindre est soulevé, même si le problème lié au lessivage des sols, responsable de l'envasement et de la forte turbidité, doit d'abord être résolu. L'étude diagnostic récemment réalisée à l'échelle des trois baies en réserve met en évidence la situation particulière de la baie de Marigot : enclavée et sans étang pour effectuer un rôle de bac tampon, elle réceptionne, du fait de sa situation plus à l'ouest, les effluents des deux autres baies. Il s'agit également du secteur de l'île le plus touché par les sargasses. Des aménagements spécifiques sont prévus au niveau terrestre.

Invasion et dynamique de dissémination d'*Halophila stipulacea*

L'arrivée dans les Caraïbes au début des années 2000 de la phanérogame marine envahissante entraîne des changements majeurs dans la composition et la structure des herbiers de la région. A Saint-Martin, l'espèce se régule en fonction des périodes de houle et des événements cycloniques. A Saint-Barthélemy, sur certains sites vierges de tout herbier, une plus forte abondance de lambis a été observée en amont de leur colonisation par *H. stipulacea*. En Martinique, les suivis menés à l'échelle des stations DCE herbiers semblent montrer pour l'instant une certaine stabilité des espèces natives, *H. stipulacea* étant présente, mais ne tapissant pas l'ensemble du substrat.

Bien qu'il s'agisse d'une espèce envahissante, ces nouveaux herbiers, qui ne peuvent être éradiqués, forment également des zones de biodiversité, devant être considérés comme des habitats à gérer en tant que tels.

Intégration d'*H. stipulacea* dans les suivis AMP

Le relevé de l'abondance de d'*H. stipulacea* n'est actuellement pas réalisé dans le cadre des suivis AMP et la suggestion d'intégrer cette information se pose au vu de sa progression.

Il est proposé de relever cette information au sein de 10 quadrats maillés de 50 x 50 cm par transect (avec plusieurs modes opératoires possibles : 1/ relevé du recouvrement relatif ou « brut » de chaque espèce ; 2/ relevé uniquement du recouvrement par *H. stipulacea*). L'utilisation de méthode du *Line intercept transect* (LIT), permettant d'avoir une information sur le linéaire, est également questionnée et les deux méthodes sont discutées. L'intérêt du recueil d'informations sur le recouvrement occupé par *H. stipulacea* au sein de quadrats de 50 x 50 ressort comme la plus intéressante (option 1).

Afin d'aider à la décision, et considérant les contraintes opérationnelles (quatre plongeurs étant déjà mobilisés), il est proposé d'établir une balance sur les intérêts / avantages / inconvénients à maintenir certains paramètres, tel que la collecte de la faune en Belt, par rapport au relevé du recouvrement d'*H. stipulacea* dans les quadrats.

Maintien du relevé de la large faune benthique

Les interrogations soulevées en amont de la réunion par Simone Mège (Parc national de la Guadeloupe (PNG)) concernant l'intérêt du relevé de certains taxons de la faune benthique sont discutées.

Au sein du PNG, le protocole a été mis en place au début des années 2000 afin d'évaluer l'effet réserve ; certains animaux (p. ex. étoiles de mer) étaient alors exploités pour le tourisme, ce qui n'est plus le cas aujourd'hui. De manière générale à l'échelle de l'ensemble des secteurs, les lambis représentent une problématique de suivi complexe. Leur répartition, très hétérogène et saisonnière, implique d'échantillonner des surfaces importantes. L'utilisation de la vidéo tractée ne permet pas de détecter les jeunes lambis, de petite taille, dissimulés dans les feuilles, ni de distinguer les lambis vivants des individus morts. En dehors de la méthode de « capture-marquage-recapture », il semble y avoir peu d'alternatives satisfaisantes. La question du maintien du relevé des holothuries se pose également, étant rare dans les herbiers, difficilement identifiables selon les espèces et peu soumises aux pressions.

Restitution de la phase de R&D indicateurs, intégrant les données de la campagne terrain herbiers 2021 en Martinique

Présentation

Dans le cadre du volet R&D de l'action nationale « herbiers Ifreco-DCE » 2020-2022, une campagne de terrain a été organisée en avril-mai 2021 par l'UBO avec la coopération d'Impact Mer, du Parc naturel marin, de la marine nationale, de l'ODE, de la DEAL et de l'Asso Mer. Cette mission, couplée à la campagne DCE herbiers, a permis l'échantillonnage de 14 stations d'étude (dont six des neuf stations du réseau de surveillance DCE) positionnées en conditions environnementales contrastées entre la Baie de Fort-de-France et la Trinité. Les principaux résultats des paramètres structuraux et de diagnostic issus de cette campagne sont présentés au sein du jeu de données global déjà acquis sur les autres territoires en 2017 et 2018 (Figure 1 ; Tableau 2).

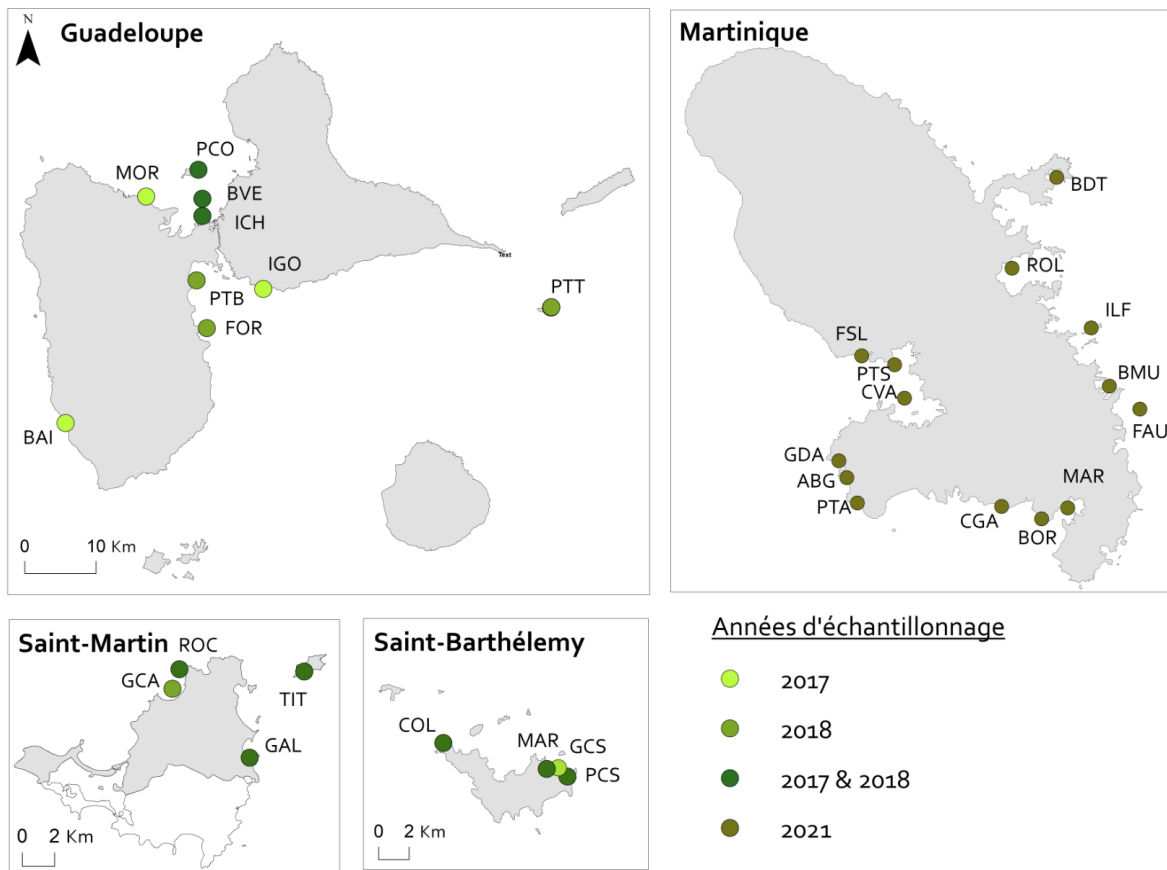


Figure 1. Localisation et années d'échantillonnage des stations expérimentales en Guadeloupe, Saint-Martin, Saint-Barthélemy et en Martinique.

Tableau 2. Caractérisation des stations échantillonnées dans le cadre de la phase de R&D de l'action nationale « herbiers Ifrecor-DCE ». Les stations sont présentées selon le niveau de pressions anthropiques présumé tel que défini en amont de l'échantillonnage (bleu : faible, jaune : modéré, rouge : important). Le score de l'indice de pression a été réalisé à posteriori sur la base d'une analyse spatiale dans un rayon de 3 Km autour des stations.

Territoires	Nombre de stations	Nom et code des stations	Profondeur (m)	Année échantillonnage	Surveillance DCE	Score indice pression
Guadeloupe	8	Passé à colas (PCO)	3	2017-2018	X	1
		Petite Terre (PTT)	2	2018		1
		Bouée verte (BVE)	3	2017-2018		0
		Morne rouge (MOR)	2	2017		5
		Ilet Gosier (IGO)	1	2017		6
		Ilet Fortune (FOR)	2	2018	X	5
		Ilet Christophe (ICH)	2	2017-2018		4
		Petit Bourg (PTB)	1	2018		10
Martinique	14	Ilet du François (ILF)	1,5	2021		4
		Baie du Trésor (BDT)	1,3	2014	X	1,25
		Pointe Faula (FAU)	2,5	2021		6
		Caye à vache (CVA)	1	2021	X	8
		Grande anse d'Arlet (GDA)	5,3	2021	X	7,5
		Corps de Garde (CGA)	2,4	2021	X	8
		Petite anse d'Arlet (PTA)	5,2	2021		6,25
		Pointe de Borgnesse (PBO)	2,5	2021	X	8
		Baie des Mulets (BMU)	1,5	2021	X	8
		Anse du Bourg (ABG)	4,5	2021		8,75
		Pointe des Sables (PTS)	0,8	2021		13,75
		Fort Saint-Louis (FSL)	2,5	2021		15
		Baie du Marin (MRN)	0,7	2021		17,5
		Robert Lynch (ROL)	1	2021		19,25
Saint-Martin	4	Tintamarre (TIT)	2	2017-2018		1
		Rocher Créole (ROC)	6	2017-2018	X	7,5
		Grande Case (GCA)	4	2018		6,25
		Galion (GAL)	2	2017-2018		12
Saint-Barthélemy	4	Petit Cul-de-sac (PCS)	2	2017-2018		5
		Grand Cul-de-sac (GCS)	1	2017		5
		Colombier (COL)	9	2017-2018		2,5
		Marigot (MAR)	0,5	2017-2018		8

Discussion

Relation pressions-état présumées

La cohérence des résultats obtenus par rapport aux pressions anthropiques présumées a été abordée. Bien qu'offrant qu'un diagnostic partiel de l'état de la zone étudiée à un temps donné, les données des 30 stations acquises en conditions environnementales contrastées permettent d'apporter des éléments plus concrets sur la réponse des différents paramètres étudiés. La multiplication du nombre de stations à l'échelle régionale révèle également des situations particulières. Par exemple, les conditions fortement anthropisées de certaines stations ne se sont pas systématiquement traduites de manière aussi marqué que présumées dans certains des résultats obtenus (p.ex. zone de Fort-de France, dont la courantologie peut être importante) et vice versa (station de Petite-Terre, éloignée de la côte, bien que fréquentée par les touristes) ; soulignant l'importance de prise en compte du contexte local (courantologie, enrichissement naturel) dans l'interprétation des résultats.

Intérêt des sédiments

L'intérêt d'analyser certains paramètres marqueurs de pollution, tels que les métaux dans les sédiments collectés, sont évoqués à plusieurs reprises, notamment dans un contexte d'échouage de sargasses. Bien que cette capacité de stockage des polluants soit influencée par la nature du sédiment (vaseux vs corallien), des corrélations entre la contamination des sédiments et des feuilles de *T. testudinum* ont déjà été rapportées (cf. l'étude sur contamination des herbiers dans le GCSM ; Bouchon et al., 2016).

L'objectif prioritaire de la phase de R&D étant de développer un indicateur pour le compartiment herbiers, ces analyses et leur mise en relation avec les résultats obtenus sur le compartiment des phanérogames n'ont pour l'instant pas été programmées. Leur réalisation reste cependant possible a posteriori sur la base des échantillons de sédiments déjà collectés.

Echange sur certains éléments présents dans les tissus des phanérogames

Les questions de la présence du tributylétain (non mesuré ici) et du cuivre comme marqueur de la pression nautique (traitement antifouling des coques de bateaux) sont discutées.

La pertinence de la réponse visuelle de l'azote le long du gradient de pression anthropique présumé est évoquée du fait d'ordre de présentation des stations. Ce paramètre figure comme particulièrement pertinent à la suite de l'étape de sélection des paramètres, incluant des analyses multivariées (Kerninon, 2020 ; Kerninon et al., 2021).

Impact de l'échouement des sargasses

Dans le cadre des expérimentations menées durant la R&D, l'impact des sargasses n'a pas pu être spécifiquement prise en compte. Ces questions seront traitées au sein du projet Sarg'Impact se déroulant en Martinique, dans le cadre duquel s'inscrit la thèse Cifre de Mathilde Teyssier.

Présentation des modèles d'indicateurs candidats pour la surveillance DCE aux Antilles

Présentation

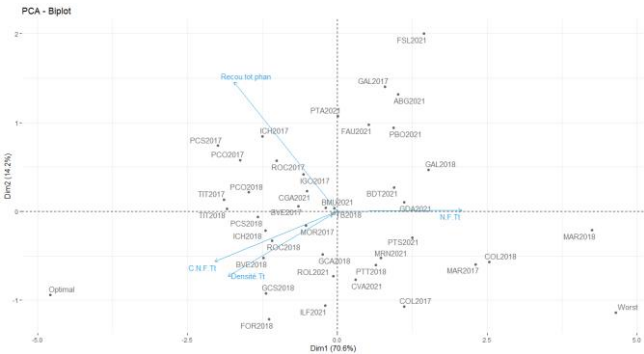
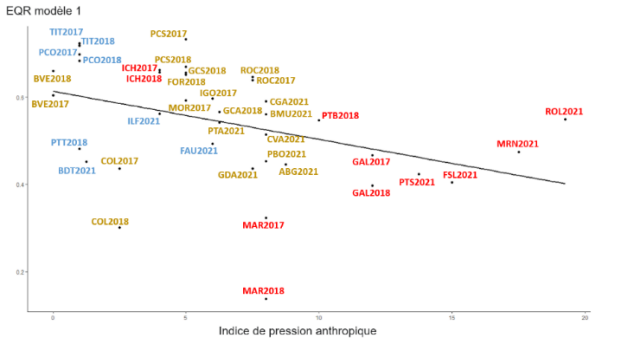
L'historique du développement de l'indicateur DCE et le déroulé des actions de la phase de R&D débutée en 2017 aux Antilles ont été rappelés. Sur la base des données issues des campagnes de terrain menées à travers les îles de la Guadeloupe, Saint-Martin et de Saint-Barthélemy (2017 et 2018), un premier modèle d'indicateur de complexité intermédiaire (niveau 2), adapté aux herbiers peu profonds (inférieurs à 5-7 mètres) de types monospécifiques et mixtes à *Thalassia testudinum*, a été développé en 2020 (Kerninon, 2020, Kerninon et al., 2021).

Il s'accompagne aujourd'hui de deux nouveaux modèles : un modèle de complexité réduite à 4 paramètres (niveau 1) et un second plus élaboré intégrant 12 paramètres (niveau 3), intégrant le jeu de donnée de la campagne de terrain de Martinique (2021). Les objectifs de la proposition de ces trois alternatives sont de tenir compte des contraintes opérationnelles de mise en œuvre à l'échelle des territoires concernés et d'analyser le comportement de ces indicateurs selon différentes combinaisons de paramètres.

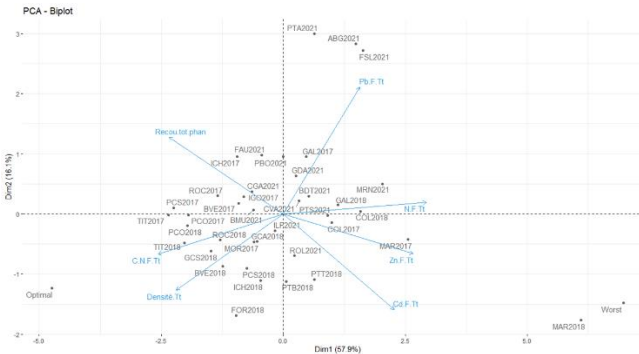
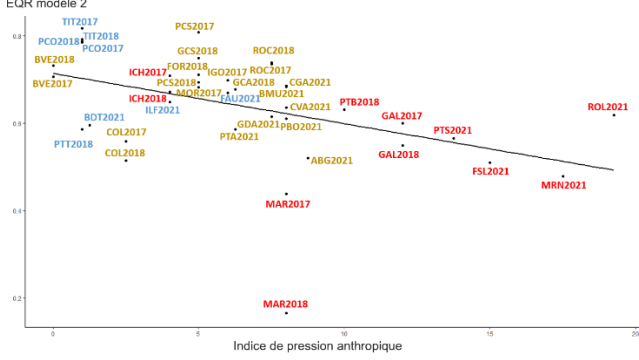
Ces modèles d'indicateurs multimétriques, de structure similaire, se basent tous sur une combinaison de paramètres de diagnostic et d'alerte précoce ciblant les pressions anthropiques, et de paramètres structuraux, reflets de l'intégrité structurelle du milieu. Ils permettent d'obtenir une valeur normée comprise entre 0 et 1 sous forme d'indice de qualité écologique (EQR), tel qu'attendu par le cadre réglementaire DCE.

Afin d'évaluer la corrélation de ces indicateurs aux pressions anthropiques présumées, un indice cumulatif des pressions anthropiques, se basant sur une analyse des données spatiales de l'occupation du sol et des usages, a été développé puis calculé de manière identique pour l'ensemble des stations (Tableau 1 ; Cariou, 2021).

Indicateur herbiers DCE Antilles (niveau 1)

Nombre de jeu de données utilisé : 39 (30 stations, 3 années, 4 territoires)																																																																																																																																																																																																								
<p>Nombre de paramètres : 4</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 paramètres structuraux : recouvrement total phanérogames et densité <i>T. testudinum</i> - 2 paramètres d’alerte précoce et de diagnostic: N et C/N feuilles <i>T. testudinum</i> <p>Nombre de plongeurs : 2 à 3</p> <p>Temps de collecte sur le terrain : 45'-1h30</p>	<p>Objectif ciblé :</p> <p>Evaluation intégrée de l’intégrité structurale des herbiers peu profonds monospécifiques et mixtes à <i>Thalassia testudinum</i> et du niveau d’enrichissement nutritif du milieu en azote</p>																																																																																																																																																																																																							
<p>Classification des stations :</p> 	<p>Evaluation écologique :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th>Station</th> <th>Score de l'axe EQR</th> <th>Etat écologique (classe 1)</th> <th>Etat écologique (classe 2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>TIT2017</td><td>-1,1268018</td><td>0,72</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>TIT2018</td><td>-1,09600367</td><td>0,72</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>PCO2017</td><td>-0,96663759</td><td>0,70</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>PCO2018</td><td>-0,87824318</td><td>0,68</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>PTT2018</td><td>0,3814277</td><td>0,48</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>BDT2021</td><td>0,56507195</td><td>0,45</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>FAU2021</td><td>0,30998199</td><td>0,49</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>ILF2021</td><td>-0,11802268</td><td>0,56</td><td>bon</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>BVE2017</td><td>-0,38511154</td><td>0,60</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>BVE2018</td><td>-0,73280986</td><td>0,66</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>MOR2017</td><td>-0,31186259</td><td>0,59</td><td>bon</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>FOR2018</td><td>-0,67929736</td><td>0,65</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>IGO2017</td><td>-0,33836069</td><td>0,60</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>ROC2017</td><td>-0,60307023</td><td>0,64</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>ROC2018</td><td>-0,64955024</td><td>0,65</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>GCA2018</td><td>-0,14604456</td><td>0,57</td><td>bon</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>COL2017</td><td>0,66096893</td><td>0,44</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>COL2018</td><td>1,50821947</td><td>0,30</td><td>médiocre</td><td>médiocre</td></tr> <tr><td>PCS2017</td><td>-1,18461931</td><td>0,73</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>PCS2018</td><td>-0,78848565</td><td>0,67</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>GCS2018</td><td>-0,70764506</td><td>0,66</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>CVA2021</td><td>0,17989072</td><td>0,51</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>GDA2021</td><td>0,66078902</td><td>0,44</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>CGA2021</td><td>-0,30029381</td><td>0,59</td><td>bon</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>PBO2021</td><td>0,55870439</td><td>0,45</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>BMU2021</td><td>-0,1153518</td><td>0,56</td><td>bon</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>PTA2021</td><td>0,00367745</td><td>0,54</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>ABG2021</td><td>0,60176583</td><td>0,45</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>ICH2017</td><td>-0,74246418</td><td>0,66</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>ICH2018</td><td>-0,71181415</td><td>0,66</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>PTB2018</td><td>-0,02975699</td><td>0,55</td><td>bon</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>GAL2017</td><td>0,47404854</td><td>0,47</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>GAL2018</td><td>0,90618927</td><td>0,40</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>MAR2017</td><td>1,36962976</td><td>0,32</td><td>médiocre</td><td>médiocre</td></tr> <tr><td>MAR2018</td><td>2,52624582</td><td>0,14</td><td>médiocre</td><td>mauvais</td></tr> <tr><td>MRN2021</td><td>0,43003386</td><td>0,47</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>ROL2021</td><td>-0,04140995</td><td>0,55</td><td>bon</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>PTS2021</td><td>0,74160564</td><td>0,42</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>FSL2021</td><td>0,85952802</td><td>0,40</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> </tbody> </table>	Station	Score de l'axe EQR	Etat écologique (classe 1)	Etat écologique (classe 2)	TIT2017	-1,1268018	0,72	bon	bon	TIT2018	-1,09600367	0,72	bon	bon	PCO2017	-0,96663759	0,70	bon	bon	PCO2018	-0,87824318	0,68	bon	bon	PTT2018	0,3814277	0,48	moyen	moyen	BDT2021	0,56507195	0,45	moyen	moyen	FAU2021	0,30998199	0,49	moyen	moyen	ILF2021	-0,11802268	0,56	bon	moyen	BVE2017	-0,38511154	0,60	bon	bon	BVE2018	-0,73280986	0,66	bon	bon	MOR2017	-0,31186259	0,59	bon	moyen	FOR2018	-0,67929736	0,65	bon	bon	IGO2017	-0,33836069	0,60	bon	bon	ROC2017	-0,60307023	0,64	bon	bon	ROC2018	-0,64955024	0,65	bon	bon	GCA2018	-0,14604456	0,57	bon	moyen	COL2017	0,66096893	0,44	moyen	moyen	COL2018	1,50821947	0,30	médiocre	médiocre	PCS2017	-1,18461931	0,73	bon	bon	PCS2018	-0,78848565	0,67	bon	bon	GCS2018	-0,70764506	0,66	bon	bon	CVA2021	0,17989072	0,51	moyen	moyen	GDA2021	0,66078902	0,44	moyen	moyen	CGA2021	-0,30029381	0,59	bon	moyen	PBO2021	0,55870439	0,45	moyen	moyen	BMU2021	-0,1153518	0,56	bon	moyen	PTA2021	0,00367745	0,54	moyen	moyen	ABG2021	0,60176583	0,45	moyen	moyen	ICH2017	-0,74246418	0,66	bon	bon	ICH2018	-0,71181415	0,66	bon	bon	PTB2018	-0,02975699	0,55	bon	moyen	GAL2017	0,47404854	0,47	moyen	moyen	GAL2018	0,90618927	0,40	moyen	moyen	MAR2017	1,36962976	0,32	médiocre	médiocre	MAR2018	2,52624582	0,14	médiocre	mauvais	MRN2021	0,43003386	0,47	moyen	moyen	ROL2021	-0,04140995	0,55	bon	moyen	PTS2021	0,74160564	0,42	moyen	moyen	FSL2021	0,85952802	0,40	moyen	moyen
Station	Score de l'axe EQR	Etat écologique (classe 1)	Etat écologique (classe 2)																																																																																																																																																																																																					
TIT2017	-1,1268018	0,72	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
TIT2018	-1,09600367	0,72	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
PCO2017	-0,96663759	0,70	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
PCO2018	-0,87824318	0,68	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
PTT2018	0,3814277	0,48	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																				
BDT2021	0,56507195	0,45	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																				
FAU2021	0,30998199	0,49	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																				
ILF2021	-0,11802268	0,56	bon	moyen																																																																																																																																																																																																				
BVE2017	-0,38511154	0,60	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
BVE2018	-0,73280986	0,66	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
MOR2017	-0,31186259	0,59	bon	moyen																																																																																																																																																																																																				
FOR2018	-0,67929736	0,65	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
IGO2017	-0,33836069	0,60	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
ROC2017	-0,60307023	0,64	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
ROC2018	-0,64955024	0,65	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
GCA2018	-0,14604456	0,57	bon	moyen																																																																																																																																																																																																				
COL2017	0,66096893	0,44	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																				
COL2018	1,50821947	0,30	médiocre	médiocre																																																																																																																																																																																																				
PCS2017	-1,18461931	0,73	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
PCS2018	-0,78848565	0,67	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
GCS2018	-0,70764506	0,66	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
CVA2021	0,17989072	0,51	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																				
GDA2021	0,66078902	0,44	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																				
CGA2021	-0,30029381	0,59	bon	moyen																																																																																																																																																																																																				
PBO2021	0,55870439	0,45	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																				
BMU2021	-0,1153518	0,56	bon	moyen																																																																																																																																																																																																				
PTA2021	0,00367745	0,54	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																				
ABG2021	0,60176583	0,45	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																				
ICH2017	-0,74246418	0,66	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
ICH2018	-0,71181415	0,66	bon	bon																																																																																																																																																																																																				
PTB2018	-0,02975699	0,55	bon	moyen																																																																																																																																																																																																				
GAL2017	0,47404854	0,47	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																				
GAL2018	0,90618927	0,40	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																				
MAR2017	1,36962976	0,32	médiocre	médiocre																																																																																																																																																																																																				
MAR2018	2,52624582	0,14	médiocre	mauvais																																																																																																																																																																																																				
MRN2021	0,43003386	0,47	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																				
ROL2021	-0,04140995	0,55	bon	moyen																																																																																																																																																																																																				
PTS2021	0,74160564	0,42	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																				
FSL2021	0,85952802	0,40	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																				
<p>Corrélation aux pressions :</p> 																																																																																																																																																																																																								
<p>Commentaires :</p> <p>Cet indicateur multimétriques agrégeant 4 paramètres répond à un objectif d’évaluation de l’état structural et du niveau d’enrichissement en azote dans un contexte de perturbations multiples. En intégrant uniquement la teneur en azote et le ratio carbone sur azote dans les feuilles au niveau des métriques d’alerte, ce modèle reste peu spécifique au regard des objectifs de la DCE. L’accumulation en azote dans les tissus pouvant résulter d’une origine naturelle comme anthropique, ces paramètres de diagnostic et d’alerte précoce sont donc insuffisamment précis pour identifier les causes de changement du milieu, tout comme les paramètres structuraux qui répondent sur un temps long et de manière non spécifique. Cet indicateur ne prend pas en compte la pollution métallique des eaux, caractéristique clé de l’état écologique des eaux côtières. Bien que la réponse de l’azote dans les phanérogames aux pressions anthropiques soit positive, la faible amplitude des teneurs en azote rend potentiellement l’indicateur insuffisamment discriminant. Cela pourrait contribuer à une surestimation de l’état de dégradation de certains herbiers se traduisant par la grande proportion de stations en situation « modérées » et un nombre moindre de station en très bon état. Au niveau analytique, la détermination des concentrations en azote s’effectue directement sur des poudres brutes de feuilles de phanérogames nettoyées, séchées, broyées et encapsulées pour être passées au sein d’un analyseur élémentaire (EA). La biomasse nécessaire est faible (1 à 2 mg par échantillon).</p> <p>Cet indicateur multimétriques peut être couplé à l’utilisation de l’isotope de l’azote ($\delta^{15}N$) dans les feuilles de <i>T. testudinum</i> pouvant apporter des indications sur l’origine des sources azotées (p.ex. au-delà d’un certain seuil estimé autour de 4‰). Cette analyse, plus onéreuse, peut se faire en même temps que l’analyse de l’azote si l’analyseur élémentaire est couplé un spectromètre de masse (EA-IRMS).</p>																																																																																																																																																																																																								

Indicateur herbiers DCE Antilles (niveau 2)

Nombre de jeu de données utilisé : 39 (30 stations, 3 années, 4 territoires)																																																																																																																																																																																																									
Nombre de paramètres : 7 <ul style="list-style-type: none"> - 2 paramètres structuraux : recouvrement total phanérogames et densité <i>T. testudinum</i> - 5 paramètres d’alerte précoce et de diagnostic : N, C/N, Pb, Zn, Cd feuilles <i>T. testudinum</i> Nombre de plongeurs : 2 à 3 Temps de collecte sur le terrain : 45'-1h30	Objectif : Evaluation intégrée de l’intégrité structurale des herbiers peu profonds monospécifiques et mixtes à <i>Thalassia testudinum</i> et du niveau d’anthropisation (enrichissement en azote et pollution en éléments traces)																																																																																																																																																																																																								
Classification des stations : 	Evaluation écologique : <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th>Station</th> <th>Score axe 1</th> <th>EQR</th> <th>Etat écologique (classe 1)</th> <th>Etat écologique (classe 2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>TIT2017</td><td>-1,17</td><td>0,82</td><td>très bon</td><td>très bon</td></tr> <tr><td>TIT2018</td><td>-1,01</td><td>0,79</td><td>très bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>PCO2017</td><td>-0,96</td><td>0,78</td><td>très bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>PCO2018</td><td>-0,98</td><td>0,79</td><td>très bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>PTT2018</td><td>0,32</td><td>0,59</td><td>bon</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>BDT2021</td><td>0,26</td><td>0,60</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>FAU2021</td><td>-0,22</td><td>0,67</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>ILF2021</td><td>-0,09</td><td>0,65</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>BVE2017</td><td>-0,45</td><td>0,71</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>BVE2018</td><td>-0,62</td><td>0,73</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>MOR2017</td><td>-0,30</td><td>0,68</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>FOR2018</td><td>-0,48</td><td>0,71</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>IGO2017</td><td>-0,40</td><td>0,70</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>ROC2017</td><td>-0,67</td><td>0,74</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>ROC2018</td><td>-0,64</td><td>0,73</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>GCA2018</td><td>-0,27</td><td>0,68</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>COL2017</td><td>0,50</td><td>0,56</td><td>bon</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>COL2018</td><td>0,78</td><td>0,51</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>PCS2017</td><td>-1,12</td><td>0,81</td><td>très bon</td><td>très bon</td></tr> <tr><td>PCS2018</td><td>-0,37</td><td>0,69</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>GCS2018</td><td>-0,73</td><td>0,75</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>CVA2021</td><td>0,16</td><td>0,61</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>GDA2021</td><td>0,13</td><td>0,62</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>CGA2021</td><td>-0,32</td><td>0,68</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>PBO2021</td><td>0,00</td><td>0,64</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>BMU2021</td><td>-0,30</td><td>0,68</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>PTA2021</td><td>0,32</td><td>0,59</td><td>bon</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>ABG2021</td><td>0,74</td><td>0,52</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>ICH2017</td><td>-0,47</td><td>0,71</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>ICH2018</td><td>-0,23</td><td>0,67</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>PTB2018</td><td>0,03</td><td>0,63</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>GAL2017</td><td>0,23</td><td>0,60</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>GAL2018</td><td>0,56</td><td>0,55</td><td>bon</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>MAR2017</td><td>1,27</td><td>0,44</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>MAR2018</td><td>3,03</td><td>0,17</td><td>médiocre</td><td>mauvais</td></tr> <tr><td>MRN2021</td><td>1,01</td><td>0,48</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>ROL2021</td><td>0,11</td><td>0,62</td><td>bon</td><td>bon</td></tr> <tr><td>PTS2021</td><td>0,45</td><td>0,57</td><td>bon</td><td>moyen</td></tr> <tr><td>FSL2021</td><td>0,81</td><td>0,51</td><td>moyen</td><td>moyen</td></tr> </tbody> </table>	Station	Score axe 1	EQR	Etat écologique (classe 1)	Etat écologique (classe 2)	TIT2017	-1,17	0,82	très bon	très bon	TIT2018	-1,01	0,79	très bon	bon	PCO2017	-0,96	0,78	très bon	bon	PCO2018	-0,98	0,79	très bon	bon	PTT2018	0,32	0,59	bon	moyen	BDT2021	0,26	0,60	bon	bon	FAU2021	-0,22	0,67	bon	bon	ILF2021	-0,09	0,65	bon	bon	BVE2017	-0,45	0,71	bon	bon	BVE2018	-0,62	0,73	bon	bon	MOR2017	-0,30	0,68	bon	bon	FOR2018	-0,48	0,71	bon	bon	IGO2017	-0,40	0,70	bon	bon	ROC2017	-0,67	0,74	bon	bon	ROC2018	-0,64	0,73	bon	bon	GCA2018	-0,27	0,68	bon	bon	COL2017	0,50	0,56	bon	moyen	COL2018	0,78	0,51	moyen	moyen	PCS2017	-1,12	0,81	très bon	très bon	PCS2018	-0,37	0,69	bon	bon	GCS2018	-0,73	0,75	bon	bon	CVA2021	0,16	0,61	bon	bon	GDA2021	0,13	0,62	bon	bon	CGA2021	-0,32	0,68	bon	bon	PBO2021	0,00	0,64	bon	bon	BMU2021	-0,30	0,68	bon	bon	PTA2021	0,32	0,59	bon	moyen	ABG2021	0,74	0,52	moyen	moyen	ICH2017	-0,47	0,71	bon	bon	ICH2018	-0,23	0,67	bon	bon	PTB2018	0,03	0,63	bon	bon	GAL2017	0,23	0,60	bon	bon	GAL2018	0,56	0,55	bon	moyen	MAR2017	1,27	0,44	moyen	moyen	MAR2018	3,03	0,17	médiocre	mauvais	MRN2021	1,01	0,48	moyen	moyen	ROL2021	0,11	0,62	bon	bon	PTS2021	0,45	0,57	bon	moyen	FSL2021	0,81	0,51	moyen	moyen
Station	Score axe 1	EQR	Etat écologique (classe 1)	Etat écologique (classe 2)																																																																																																																																																																																																					
TIT2017	-1,17	0,82	très bon	très bon																																																																																																																																																																																																					
TIT2018	-1,01	0,79	très bon	bon																																																																																																																																																																																																					
PCO2017	-0,96	0,78	très bon	bon																																																																																																																																																																																																					
PCO2018	-0,98	0,79	très bon	bon																																																																																																																																																																																																					
PTT2018	0,32	0,59	bon	moyen																																																																																																																																																																																																					
BDT2021	0,26	0,60	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
FAU2021	-0,22	0,67	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
ILF2021	-0,09	0,65	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
BVE2017	-0,45	0,71	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
BVE2018	-0,62	0,73	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
MOR2017	-0,30	0,68	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
FOR2018	-0,48	0,71	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
IGO2017	-0,40	0,70	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
ROC2017	-0,67	0,74	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
ROC2018	-0,64	0,73	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
GCA2018	-0,27	0,68	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
COL2017	0,50	0,56	bon	moyen																																																																																																																																																																																																					
COL2018	0,78	0,51	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																					
PCS2017	-1,12	0,81	très bon	très bon																																																																																																																																																																																																					
PCS2018	-0,37	0,69	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
GCS2018	-0,73	0,75	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
CVA2021	0,16	0,61	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
GDA2021	0,13	0,62	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
CGA2021	-0,32	0,68	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
PBO2021	0,00	0,64	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
BMU2021	-0,30	0,68	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
PTA2021	0,32	0,59	bon	moyen																																																																																																																																																																																																					
ABG2021	0,74	0,52	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																					
ICH2017	-0,47	0,71	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
ICH2018	-0,23	0,67	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
PTB2018	0,03	0,63	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
GAL2017	0,23	0,60	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
GAL2018	0,56	0,55	bon	moyen																																																																																																																																																																																																					
MAR2017	1,27	0,44	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																					
MAR2018	3,03	0,17	médiocre	mauvais																																																																																																																																																																																																					
MRN2021	1,01	0,48	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																					
ROL2021	0,11	0,62	bon	bon																																																																																																																																																																																																					
PTS2021	0,45	0,57	bon	moyen																																																																																																																																																																																																					
FSL2021	0,81	0,51	moyen	moyen																																																																																																																																																																																																					
Corrélation aux pressions : 																																																																																																																																																																																																									
Commentaires : Cet indicateur multimétriques agrégeant 7 paramètres répond à un objectif d’évaluation de l’état structurel des herbiers, du niveau d’enrichissement en azote et de la pollution en éléments traces dans l’environnement par analyse dans les tissus de <i>T. testudinum</i> . Ce modèle, initialement présenté dans Kerninon, 2020 et Kerninon et al., 2021 représente un compromis intéressant par une approche intégrée en accord avec les objectifs de la DCE, permettant d’identifier les principales causes de changement du milieu. Par rapport au modèle de niveau 1, cet indicateur prend en compte la pollution métallique des eaux. Ces éléments permettent par ailleurs de discriminer davantage les stations entre elles. Au niveau analytique, la détermination des concentrations en azote s’effectue directement sur des poudres brutes de feuilles de phanérogames nettoyées, séchées, broyées et encapsulées pour être analysés au sein d’un analyseur élémentaire (EA). La biomasse nécessaire pour cette analyse est faible (1 à 2 mg par échantillon). En revanche les analyses des éléments traces par spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS) nécessitent un broyage des échantillons dans des contenants en agate pour éviter les contaminations. La biomasse des échantillons, selon le mode de préparation, est plus importante (pour les analyses réalisées ici : 100 à 200 mg). Comme pour le modèle 1, cet indicateur multimétriques peut être couplé à l’utilisation de l’isotope de l’azote ($\delta^{15}N$) dans les feuilles de <i>T. testudinum</i> pouvant apporter des indications sur l’origine des sources azotées (p.ex. au-delà d’un certain seuil estimé autour de 4‰). Cette analyse, plus onéreuse, peut se faire en même temps que l’analyse de l’azote si l’analyseur élémentaire est couplé un spectromètre de masse (EA-IRMS).																																																																																																																																																																																																									

Indicateur herbiers DCE Antilles (niveau 3)

Nombre de jeu de données utilisé : 39 (30 stations, 3 années, 4 territoires)

Nombre de paramètres : 12

- 2 paramètres structuraux : recouvrement total phanérogames et densité *T. testudinum*
- 10 paramètres d'alerte précoce et de diagnostic : N, C/N, Pb, Zn, Cd, Ni, Cu, Fe, Cr, Mn feuilles *T. testudinum*

Nombre de plongeurs : 2 à 3

Temps de collecte sur le terrain : 45'-1h30

Objectif :

Evaluation intégrée de l'intégrité structurale des herbiers peu profonds monospécifiques et mixtes à *Thalassia testudinum* et du niveau d'anthropisation (enrichissement en azote et pollution en éléments traces)

Classification des stations :

Corrélation aux pressions :

Evaluation écologique :

Station	Score axe 1	EQR	Etat écologique (classe 1)	Etat écologique (classe 2)
TIT2017	-1,11	0,87	très bon	très bon
TIT2018	-0,71	0,82	très bon	très bon
PCO2017	-0,80	0,83	très bon	très bon
PCO2018	-0,89	0,84	très bon	très bon
PTT2018	0,29	0,67	bon	bon
BDT2021	-0,09	0,73	bon	bon
FAU2021	-0,69	0,81	très bon	très bon
ILF2021	-0,02	0,72	bon	bon
BVE2017	-0,48	0,78	très bon	bon
BVE2018	-0,45	0,78	très bon	bon
MOR2017	0,11	0,70	bon	bon
FOR2018	-0,19	0,74	bon	bon
IGO2017	-0,47	0,78	très bon	bon
ROC2017	-0,78	0,83	très bon	très bon
ROC2018	-0,67	0,81	très bon	très bon
GCA2018	-0,44	0,78	très bon	bon
COL2017	0,13	0,70	bon	bon
COL2018	0,15	0,69	bon	bon
PCS2017	-1,06	0,87	très bon	très bon
PCS2018	-0,24	0,75	bon	bon
GCS2018	-0,70	0,81	très bon	très bon
CVA2021	0,65	0,62	bon	bon
GDA2021	-0,06	0,72	bon	bon
CGA2021	-0,39	0,77	très bon	bon
PBO2021	-0,28	0,75	bon	bon
BMU2021	-0,36	0,77	très bon	bon
PTA2021	0,81	0,60	bon	bon
ABG2021	0,76	0,61	bon	bon
ICH2017	-0,27	0,75	bon	bon
ICH2018	0,04	0,71	bon	bon
PTB2018	0,38	0,66	bon	bon
GAL2017	-0,08	0,73	bon	bon
GAL2018	0,29	0,67	bon	bon
MAR2017	0,74	0,61	bon	bon
MAR2018	2,33	0,38	moyen	médiocre
MRN2021	1,65	0,48	moyen	moyen
ROL2021	0,14	0,69	bon	bon
PTS2021	0,18	0,69	bon	bon
FSL2021	0,26	0,68	bon	bon

Commentaires : Cet indicateur multimétriques agréant 12 paramètres répond à un objectif d'évaluation de l'état structural des herbiers, du niveau d'enrichissement en azote et de la pollution en éléments traces dans l'environnement par leur analyse dans les tissus de *T. testudinum*. Ce modèle est le plus complet et reflète davantage l'état et les causes de changement du milieu en accord avec les objectifs de la DCE. Par rapport au modèle de niveau 1, cet indicateur prend en compte la pollution métallique des eaux et intègre plus de métaux que celui de niveau 2. Les différentes influences anthropiques du milieu sont davantage reflétées. Cependant, ce modèle est peu discriminant (majorité de stations en très bon et bon état) en raison probablement de concentrations élevées de certains métaux sur quelques séries de données.

Au niveau analytique, la détermination des concentrations en azote s'effectue directement sur des poudres brutes de feuilles de phanérogames nettoyées, séchées, broyées et encapsulées pour être analysées au sein d'un analyseur élémentaire (EA). La biomasse nécessaire pour cette analyse est faible (1 à 2 mg par échantillon). En revanche les analyses des éléments traces par spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS) nécessitent un broyage des échantillons dans des contenants en agate pour éviter les contaminations. La biomasse des échantillons, selon le mode de préparation, est plus importante (pour les analyses réalisées ici : 100 à 200 mg).

Comme pour le modèle 1, cet indicateur multimétriques peut être couplé à l'utilisation de l'isotope de l'azote ($\delta^{15}N$) dans les feuilles de *T. testudinum* pouvant apporter des indications sur l'origine des sources azotées (p.ex. au-delà d'un certain seuil situé autour de 4‰). Cette analyse, plus onéreuse, peut se faire en même temps que l'analyse de l'azote si l'analyseur élémentaire est couplé un spectromètre de masse (EA-IRMS).

11

Discussion

Structure de l'indicateur multimétriques

L'organisation des indicateurs sous forme de sous-indices de diagnostics ciblés (p.ex. indice de structure de l'herbier, indice d'eutrophisation, indice de pollution aux métaux lourds) sont discutées. De même, certains paramètres pourraient être utilisés de manière indépendante.

Concernant l'intégration des métaux, il ressort l'intérêt d'avoir une réflexion sur la cohérence entre les différentes substances métalliques en réfléchissant davantage selon une logique de cortège de métaux associés. Par ailleurs, il est important de noter que certains éléments sont naturellement présents dans les tissus des phanérogames et que l'appétence de celles-ci n'est pas la même pour tous les éléments.

Intégration du $\delta^{15}\text{N}$ dans l'indicateur

Bien qu'utile pour renseigner dans certaines conditions l'origine des sources azotées, le $\delta^{15}\text{N}$ n'a pour l'instant pas été intégré à l'indicateur multimétriques du fait de sa réponse non linéaire. Son utilisation dans le cadre de suivi de pressions particulières (p.ex. rejet de station d'épuration) reste intéressante, bien que le signal peut être difficilement interprétable dans les zones d'instabilités, tels que les sorties de rivières ou d'étangs.

Indice de pressions anthropiques

La question de l'utilisation des données du SDAGE de Martinique pour la corrélation des paramètres et indicateurs multimétriques aux pressions est évoquée. La principale difficulté de la compilation des pressions sous forme d'indice a été de faire face à l'absence de données homogènes à l'échelle de l'ensemble des territoires concernés pour répondre aux besoins particuliers du développement de l'indicateur. Cependant, les données spécifiques, tel que les données du SDAGE ou autres études récentes, permettraient d'affiner ces indices développés ou de pondérer leurs résultats.

L'intérêt de présenter les stations en fonction du score de pressions anthropiques est à nouveau soulevé afin d'évaluer plus finement la cohérence du classement.

Calendrier de finalisation de l'indicateur

L'indicateur n'intégrera pas l'arrêté évaluation 2023, mais un travail actif sera réalisé dans les prochains mois pour œuvrer à sa finalisation et sa validation. Il sera également présenté en GT DCE.

Fréquence de la surveillance

Les paramètres d'alerte précoce et de diagnostic mesurés dans les tissus des phanérogames sont sensibles aux variations saisonnières et les questions sur la fréquence et la période d'échantillonnage optimales se posent. Les campagnes de surveillance DCE sont pour l'instant réalisées en fin de saison de sèche, période où ces éléments sont potentiellement moins présents dans les eaux côtières qu'en fin de saison humide. Des discussions devront donc être menées afin de trouver le meilleur compromis entre la réalité de la gestion, la période et la fréquence optimales pour la surveillance, avec l'appui des premiers éléments temporels.

Utilisation pour les autres espèces de phanérogames

Au vu des changements de la composition spécifique des herbiers (notamment de l'invasion par *H. stipulacea*), la possibilité d'utiliser d'autres espèces pour les analyses des paramètres d'alerte précoce et de diagnostic est questionnée. En effet, les éléments présentés concernent uniquement *T. testudinum*, mais la capacité de bioindication a déjà été étudiée dans le cadre des expérimentations

menées aux Antilles chez *Syrindodium filiforme* (Kerninon, 2020 ; Kerninon et al., 2021) et est en cours pour *H. stipulacea*.

Choix des laboratoire d'analyse et biomasse collectée

Les analyses des paramètres d'alerte précoce et de diagnostic nécessitent un cadre analytique rigoureux afin d'assurer la robustesse des données. Elles devront donc être réalisées par des laboratoires agréés au niveau ministériel, selon des méthodes normées. Des liens avec le laboratoire national d'essai sont prévus afin d'assurer la cohérence analytique des paramètres retenus.

La difficulté historique liée au déficit de capacité d'analyse à l'échelle locale, engendrant une certaine complexité de transport et de respect des normes, est abordée. Il est néanmoins mis en avant que l'expédition de phanérogames séchées reste relativement simple comparativement à d'autres analyses (eau, sédiments).

Références

- Cariou, C. 2021. Développement d'indices de pressions anthropiques pour la caractérisation environnementale des eaux côtières ultramarines dans le cadre de la validation d'indicateurs écologiques « Herbiers ». Stage de master 1, Sciences de la Mer et du Littoral, mention Gestion de l'environnement, Université de Bretagne Occidentale, Institut Universitaire Européen de la Mer (2 mois), 41 p + annexes.
- Groupe de travail régional (GTR) Herbiers Antilles (Kerninon, F. coord), 2021. Compte – rendu de la réunion technique « protocoles et indicateurs herbiers Antilles », 18 mai 2021, Schœlcher, Martinique, 9 p.
- Bouchon, C., Lemoine, S., Dromard, C., Bouchon-Navaro, Y., 2016. Level of contamination by metallic trace elements and organic molecules in the seagrass beds of Guadeloupe Island. *Environ Sci Pollut Res* 23, 61–72. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5682-1>
- Groupe de travail national (GTN) Herbiers Ifreco-DCE, 2017. Compte – rendu de l'atelier national « Herbiers » Ifreco-DCE. Séminaire Science-gestion, 6, 7 & 10 avril 2017, Schœlcher, Martinique. Rapport UBO, 26 pages + annexes.
- Ifreco, 2021. Etat de santé des récifs coralliens, herbiers marins et mangroves des Outre-mer français. Bilan 2020, 335 pages.
- Kerninon, F., 2020. Développement d'outils méthodologiques pour le suivi et l'évaluation de l'état de santé des herbiers d'outre-mer français et de leur environnement, dans un contexte de perturbations multiples. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 387 pages + annexes.
- Kerninon, F., Payri, C., Le Loc'h, F., Alcoverro, T., Maréchal, J.-P., Julien, C., Gréaux, S., Mège, S., Anthanase, J., Cordonnier, S., Rouget, M.-L., Lorre, E., Uboldi, T., Monnier, O., Hellio, C. 2021. Selection of parameters for seagrass management: Towards the development of integrated indicators for French Antilles. *Marine Pollution Bulletin*. 170, 112646. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112646>
- Kerninon, F., Vaslet, A., Batailler, C., Chalifour, J., Gréaux, S., Mège, S., Bissery, C., Hellio, C. Threatened seagrass beds in the French Antilles (Caribbean Sea): feedback from 15 years of regional monitoring in the framework of adaptive management. Présentation poster. World Seagrass Conference 2022, Annapolis, Etats-Unis, août 2022.